

Tata cara desain hidraulik tubuh bendung tetap dengan peredam energi tipe MDO dan tipe MDS



© BSN 2015

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar Isi

	Halaman
Daftar Isi	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Simbol.....	4
5 Ketentuan	4
6 Persyaratan	4
7 Modifikasi dan pengembangan pemakaian	5
8 Cara perencanaan teknik.....	5
Lampiran A Gambar	9
Lampiran B Bagan alir	13
Lampiran C Contoh perhitungan, desain tubuh bendungan tanpa bangunan pembilas.....	14
Lampiran D Contoh gambar	16
Bibliografi.....	22
Gambar A.1 - Grafik MDO – 1 Pengaliran melalui mercu bendung.....	9
Gambar A.2 - Grafik MDO - 1a Penentuan bahaya kavitasi di hilir mercu bendung	10
Gambar A.3 - Grafik MDO- 2 Penentuan kedalaman lantai peredam energi	11
Gambar A.4 - Grafik MDO- 3 Penentuan panjang lantai peredam energi	12
Gambar B.1 - Bagan alir desain hidraulik tubuh bendung tetap	13
dengan peredam energi tipe MDO dan MDS	13
Gambar D.1 - Contoh gambar situasi bendung tetap, lokasi di sungai	16
Gambar D.2 - Contoh gambar denah bendung tetap	17
Gambar D.3 - Contoh gambar potongan memanjang bendung tetap	18
Gambar D.4 - Contoh gambar potongan memanjang bendung tetap dengan peredam energi tipe MDO.....	19
Gambar D.5 - Contoh gambar potongan memanjang bendung tetap peredam energi tipe MDO dengan bidang miring tubuh bendung lebih tegak	20
Gambar D.6 - Contoh gambar potongan memanjang bendung tetap,	21
tipe MDS	21

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang “Tata cara perencanaan teknik hidraulik tubuh bendung tetap dengan peredam energi tipe MDO dan MDS”, disusun dengan merujuk kepada SNI 03-1724-1989 Pedoman dan perencanaan hidrologi dan hidraulik untuk bangunan di sungai, dan SNI 03-2401-1991 Tata cara perencanaan bendung. Di samping itu bahan untuk penyusunan tata cara ini diperoleh dari hasil penelitian percobaan pengaliran di laboratorium hidraulika DPMA (sekarang Puslitbang Sumber Daya Air), yang telah ditetapkan melalui SK Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah Nomor 11/KPTS/M/2003 dengan Nomor RSNI T-05-2002.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis 91-01-S1 Sumber Daya Air melalui Gugus Kerja Balai Bangunan Hidraulik dan Geoteknik Keairan.

Standar ini telah dibahas dalam forum rapat konsensus oleh Subkomite Teknis Sumber Daya Air pada tanggal 4 Desember 2013 yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait serta telah melalui Jajak pendapat tanggal 18 Juli 2014 sampai dengan 16 Oktober 2014.



Pendahuluan

Bangunan tubuh bendung dengan kelengkapannya sebagai bagian dari suatu jenis bangunan air harus berfungsi sesuai dengan tujuan pembangunannya. Salah satu kelengkapan bendung yaitu bangunan peredam energi yang tipenya beragam dan diantaranya tipe MDO dan tipe MDS.

Berdasarkan pemeriksaan terhadap berpuluh-puluh desain peredam energi tipe Vlughter dan tipe Schoklitsh dengan uji model fisik di laboratorium hidraulik DPMA (Puslitbang SDA), ukurannya tidak pernah cocok. Ini antara lain karena parameter elevasi dasar sungai dan tinggi air di hilir bendung dalam rumus Vlughter belum dimasukkan. Karena itu kedua tipe peredam energi tersebut bentuk dan ukurannya harus dimodifikasi dengan tipe yang disebut tipe MDO dan MDS

Peredam energi tipe MDO dan MDS telah banyak diaplikasikan pada bendung tetap terutama sesudah tahun 1970-an. Namun petunjuk untuk mendesain tipe ini belum disiapkan dalam bentuk pedoman sehingga menimbulkan kesukaran dalam mendesainnya.

Untuk memudahkan perencana mendesain tubuh bendung tetap dengan peredam energi tipe MDO dan MDS maka diperlukan suatu Standar Nasional Indonesia (SNI) tata cara desain hidraulik tubuh bendung. Sehubungan dengan itu maka dirumuskanlan SNI Tata cara perencanaan teknik hidraulik tubuh bendung tetap dengan peredam energi tipe MDO dan MDS ini.

Tata cara desain hidraulik tubuh bendung tetap dengan peredam energi tipe MDO dan tipe MDS

1 Ruang lingkup

Standar ini meliputi:

- Standar ini digunakan untuk menentukan bentuk dan dimensi hidraulik tubuh bendung tetap dengan peredam energi tipe MDO dan MDS dan kelengkapannya yang merupakan bagian dari bangunan air.
- Tipe MDO digunakan terutama di sungai aluvial dengan angkutan sedimen dominan fraksi pasir, kerikil dan kerakal;
- Tipe MDS digunakan terutama di sungai aluvial dengan angkutan sedimen dominan fraksi pasir dan kerikil;
- Tubuh bendung tetap dengan peredam energi tipe MDO dan MDS dapat digunakan pada jenis bangunan air seperti : bangunan utama, bendung, pengendali dasar sungai, pelimpah waduk, bangunan pembagi debit, pelimpah samping, bangunan terjun, dan jembatan tenggelam.

2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan standar ini.

SNI 1724:2015, *Analisis hidrologi, hidraulik dan kriteria desain bangunan di sungai*
SNI 03-2401-1991, *Tata cara perencanaan bendung*

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi berikut berlaku untuk pemakaian tata cara ini :

3.1

desain hidraulik

kegiatan menentukan tata letak, tipe / bentuk dan dimensi hidraulik bangunan air, kelengkapan dan peralatannya, dituangkan kedalam gambar teknik, dilengkapi dengan nota penjelasan desain

3.2

bangunan air

prasarana fisik yang diperlukan dalam pengelolaan sumber daya air

3.3

tubuh bendung

merupakan bagian dari bangunan air, suatu struktur tembok penahan air dan tanah yang dibangun melintang terhadap alur sungai atau saluran air yang di atas mercunya dapat dilimpahi aliran air dengan kemungkinan fungsi untuk meninggikan muka air di udik tubuh bendung dengan tinggi pembendungan tertentu diukur dari elevasi dasar sungai di hilir; menahan atau mengurangi laju muatan sedimen yang bergerak dari udik; mempertahankan dan atau meninggikan dasar sungai, mengendalikan kemiringan dasar sungai di udik tubuh bendung

3.4**mercu tubuh bendung**

bagian atas tubuh bendung dengan bentuk bulat dan ukuran tertentu

3.5**peredam energi bendung**

bagian tubuh bendung di sebelah hilir yang berfungsi untuk meredam energi air akibat pembendungan agar aliran air di hilirnya tidak menimbulkan penggerusan setempat yang membahayakan dengan memperhitungkan juga kemungkinan bahaya degradasi dasar sungai

3.6**peredam energi bendung tipe MDO**

istilah dari **modifikasi** peredam energi Vlughter dan gigi ompong yang kriteria desain hidrauliknya diperoleh dari hasil penelitian percobaan pengaliran di laboratorium hidrolika DPMA (sekarang Pusat Litbang SDA). Peredam energi tipe MDO terdiri dari lantai datar, di ujung hilir lantai dilengkapi dengan ambang hilir tipe gigi ompong dan dilengkapi dengan rip rap

3.7**peredam energi bendung tipe MDS**

istilah dari **modifikasi** peredam energi Schoklitch dan gigi ompong yang kriteria desain hidrauliknya diperoleh dari hasil penelitian percobaan pengaliran di laboratorium hidrolika DPMA (sekarang Pusat Litbang SDA). Peredam energi tipe MDS terdiri dari lantai datar, di ujung hilir lantai dilengkapi dengan ambang hilir tipe gigi ompong ditambah dengan bantalan air dan dilengkapi dengan rip rap

3.8**bantalan air**

ruang di atas lantai disediakan untuk lapisan air sebagai bantalan pencegah atau pengurangan daya bentur langsung batu gelundung terhadap lantai dasar peredam energi

3.9**tembok pangkal bendung**

tembok tegak yang dibangun di kanan kiri tubuh bendung dengan tinggi tertentu berfungsi sebagai pembatas dan pengarah aliran sungai dari udik tidak keluar dari pelimpah bendung, dan dapat difungsikan sebagai pangkal jembatan

3.10**pelimpah bendung**

ruang aliran yang dibatasi oleh mercu bendung dan tembok pangkal bendung

3.11**tembok sayap udik**

tembok miring atau tegak sebagai konstruksi penerus ke udik dari tembok pangkal bendung dengan fungsi pengarah aliran sungai dan perkuatan tebing sungai dari longsoran tanah.

3.12**tembok sayap hilir**

tembok miring atau tegak sebagai konstruksi penerus ke hilir dari tembok pangkal bendung dengan fungsi pengarah aliran sungai dan perkuatan tebing sungai dari bahaya penggerusan setempat dan longsoran tebing

3.13

tembok pengarah arus

tembok sayap udik atau penerus dari tembok sayap udik bila diperlukan sebagai corong untuk mengarahkan pipa arus sungai dari udik masuk ke bentang pelimpah bendung secara frontal merata

3.14

ambang hilir

ambang atau tembok melintang di antara tembok sayap hilir yang dipasang di ujung hilir lantai peredam energi, berfungsi sebagai penunjang peredaman energi, meratakan aliran dan untuk memperoleh pusaran balik bawah dasar pencegah penggerusan setempat

3.15

rip rap

struktur tumpukan bongkah batu alam atau buatan yang dipasang di hilir ambang melintang peredam energi dan di kaki tembok sayap hilir, dengan tebal lapisan dan lebar tertentu, berfungsi sebagai lapisan perisai dasar sungai terhadap bahaya penggerusan

3.16

lapisan tahan aus

lapisan yang mempunyai ketahanan terhadap abrasi, benturan batu dan atau benda padat lainnya berfungsi sebagai pelindung struktur dari bahaya tersebut di atas

3.17

dimensi hidraulik

dimensi geometri vertikal, horizontal, tata letak dan alinyemen yang terkena aliran permukaan dan pipa arus aliran

3.18

penggerusan setempat

penggerusan pada dasar dan atau tebing sungai yang terjadi setempat di sekitar struktur akibat peningkatan energi dan turbulensi aliran karena gangguan struktur atau gangguan alami

3.19

degradasi dasar sungai

penurunan dasar sungai di suatu ruas akibat tergerusnya dasar sungai karena suplai angkutan sedimen yang datang dari udik jauh lebih kecil dari pada angkutan sedimen yang hanyut ke hilir dan daya seret aliran melampaui daya tahan dasar sungai terhadap penggerusan

3.20

agradasi dasar sungai

penaikan dasar sungai di suatu ruas akibat pasokan sedimen yang datang dari udik lebih besar dari sedimen yang hanyut ke hilir dan daya seret aliran di ruas tersebut lebih kecil dari daya tahan dasar sungai

3.21

kelengkapan tubuh bendung

kelengkapan tubuh bendung tetap yaitu tubuh bendung bentuk trapesium, mercu tubuh bendung bentuk bulat, peredam energi, pangkal bendung tegak, tembok sayap hilir miring atau tegak, tembok sayap udik miring atau tegak dan tembok pengarah arus

4 Simbol

a)	elevasi mercu bendung	= M
b)	kemiringan tubuh bendung bagian hilir	= m
c)	kemiringan tubuh bendung bagian udik	= n
d)	radius mercu bendung	= r
e)	kedalaman lantai peredam energi MDO	= D_s
f)	panjang lantai peredam energi	= L_s
g)	tinggi ambang hilir peredam energi	= a
h)	lebar ambang hilir	= b
i)	diameter riprap	= D_r
j)	berat riprap	= G_r
k)	panjang tembok pangkal bendung	= L_{pi}
l)	kemiringan bidang udik tembok sayap udik	= u
m)	panjang tembok sayap udik	= L_{su}
n)	panjang tembok pengarah arus udik	= L_{pa}
o)	panjang tembok sayap hilir	= L_{si}
p)	kemiringan bidang hilir tembok sayap hilir	= i

5 Ketentuan

Tata cara ini harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Bendung harus dilengkapi dengan kelengkapannya dan harus berfungsi sesuai dengan tujuan pembangunannya, sesuai SNI 03-2401-1991;
- Tubuh bendung dan kelengkapannya mengacu SNI 03-2401-1991 dan harus diperhitungkan aman terhadap
 - bahaya pelimpahan banjir sesuai dengan debit banjir desain yang ditentukan;
 - bahaya penggerusan setempat dengan harus memperhitungkan kemungkinan terjadinya degradasi dasar sungai di hilir bendung;
 - bahaya aliran di bawah dan di samping bangunan;
 - bahaya hidraulik perubahan perilaku sungai;
 - bahaya geoteknik dan bahaya ketidak stabilan bangunan;
 - bahaya kavitasi.

6 Persyaratan

Tata cara ini harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Untuk menggunakan tata cara ini perlu ditentukan terlebih dahulu nilai parameter :
 - tipe mercu bendung harus bentuk bulat dengan satu atau dua jari-jari;
 - permukaan tubuh bendung bagian hilir dibuat miring dengan perbandingan kemiringan 1 : m atau lebih tegak dari kemiringan 1 : 1
 - tubuh bendung dan peredam energi harus dilapisi dengan lapisan tahan aus;
 - elevasi dasar sungai atau saluran di hilir tubuh bendung yang ditentukan, dengan memperhitungkan kemungkinan terjadinya degradasi dasar sungai;
 - elevasi muka air hilir bendung yang dihitung, berdasarkan elevasi dasar sungai dengan kemungkinan perubahan geometri badan sungai.
- Kriteria desain yang disyaratkan yaitu :
 - tinggi air udik bendung dibatasi maksimum 4 meter;
 - tinggi pembendungan (dihitung dari elevasi mercu bendung sampai dengan elevasi dasar sungai di hilir) maksimum 10 meter;
 - jika tinggi air udik bendung lebih dari 4 meter dan atau tinggi pembendungan lebih dari 10 meter tata cara peredam energi tipe MDO dan MDS ini masih dapat digunakan asalkan dimensinya perlu diuji dengan model test.

7 Modifikasi dan pengembangan pemakaian

Hal yang perlu diperhatikan dalam modifikasi dan pengembangan pemakaian sebagai berikut:

- a) Dimensi hidraulik peredam energi tipe MDO dapat diterapkan di hilir tubuh bendung dengan bidang miring lebih tegak dari perbandingan 1 :1;
- b) Tubuh bendung dengan peredam energi tipe MDO dapat dilengkapi dengan pembilas sedimen tipe *undersluice* tanpa mengubah dimensi hidraulik peredam energi tipe MDO.

8 Cara perencanaan teknik

8.1 Data awal

Data awal yang harus ditentukan terlebih dahulu adalah :

- 1) debit desain banjir dengan memperhitungkan tingkat keamanan bangunan air terhadap bahaya banjir, sesuai SNI 1724;
- 2) debit desain penggerusan, dapat diambil sama dengan debit alur penuh;
- 3) lengkung debit sungai di hilir rencana bendung berdasarkan data geometri - hidrometri-hidraulik morfologi sungai.

8.2 Grafik

Grafik-grafik yang dipakai dalam desain hidraulik bendung dengan kelengkapannya, meliputi:

- a) grafik pengaliran melalui mercu bendung dapat dilihat dalam grafik MDO-1 pada Lampiran A.1;
- b) grafik untuk mengetahui bahaya kavitasi di hilir mercu bendung dapat dilihat dalam grafik MDO-1a pada Lampiran A.2;
- c) grafik untuk menentukan dimensi peredam energi tipe MDO dan MDS dapat dilihat dalam grafik MDO -2 ; dan MDO - 3 pada Lampiran A.3 dan A.4.

8.3 Rumus

Rumus rumus yang digunakan dalam desain hidraulik ini meliputi :

a) debit desain persatuan lebar pelimpah :

$$1) \text{ untuk bahaya banjir : } q_{df} = Q_{df} / B_p \quad (01)$$

$$2) \text{ untuk bahaya penggerusan : } q_{dp} = Q_{dp} / B_p \quad (02)$$

$$b) \text{ dimensi radius mercu bendung } = r, : 1,00 \text{ m} \leq r \leq 3,00 \text{ m} \quad (03)$$

c) tinggi dan elevasi muka air di udik bendung :

$$\begin{aligned} & H_{udp} \text{ dan } EL_{udp} \\ & H_{udf} \text{ dan } EL_{udf} \\ & EL_{udp} = M + H_{udp}, \text{ untuk penggerusan} \\ & EL_{udf} = M + H_{udf}, \text{ untuk banjir} \\ & H_{udp} \text{ dan } H_{udf} \text{ dihitung dengan grafik MDO-1} \end{aligned} \quad (04)$$

d) tinggi terjun bendung :

$$1) \text{ pada } Q_{df} \text{ adalah } Z_{df} = H_{udf} - H_{idf} \quad (05)$$

$$2) \text{ pada } Q_{dp} \text{ adalah } Z_{dp} = H_{udp} - H_{idp} \quad (06)$$

H_{idf} dan H_{idp} diperoleh dari grafik lengkung debit sungai.

e) parameter energi (E) untuk menentukan dimensi hidraulik peredam energi tipe MDO dan MDS dihitung dengan :

$$E_{dp} = q_{dp} / (g \times Z_{dp}^3)^{1/2} \quad (07)$$

f) kedalaman lantai peredam energi (D_s) dihitung dengan :

$$D_s = (D_s)(D_s/D_2) \quad (08)$$

D_s/D_2 dicari dengan grafik MDO-2

g) panjang lantai dasar peredam energi (L_s) dihitung dengan :

$$L_s = (D_s)(L_s/D_s) \quad (09)$$

L_s/D_2 dicari dengan grafik MDO-3

h) tinggi ambang hilir dihitung dengan :

$$a = (0,2 \text{ a } 0,3) D_2 \quad (10)$$

i) lebar ambang hilir dihitung :

$$b = 2 \times a \quad (11)$$

j) Elevasi Dekzerk tembok pangkal bendung ditentukan dengan :

$$E_{ID_{zu}} = M + H_{udf} + F_b ; \text{ untuk tembok pangkal udik} \quad (12)$$

$$E_{ID_{zi}} = M + H_{idf} + F_b ; \text{ untuk tembok pangkal hilir} \quad (13)$$

F_b diambil : $1,00 \text{ meter} \leq F_b \leq 1,50 \text{ meter}$

- k) ujung tembok pangkal bendung tegak ke arah hilir (L_{pi}) ditempatkan lebih kurang di tengah-tengah panjang rantai peredam energi :

$$L_{pi} = L_b + \frac{1}{2} L_s$$

(14)

- l) panjang tembok sayap hilir (L_{si}) dihitung dari ujung hilir rantai peredam energi diambil :

$$L_s \leq L_{si} \leq 1,5 L_s$$

tebing sungai yang tidak jauh dari tepi sisi rantai peredam energi maka ujung hilir tembok sayap hilir dilengkungkan masuk ke dalam tebing sungai. Dan bagi tebing sungai yang jauh dari tepi sisi rantai peredam energi maka ujung tembok sayap hilir dilengkungkan balik ke udik sehingga tembok sayap hilir berfungsi sebagai tembok pengarah arus hilir bendung. Bentuk ini dapat diperhatikan pada contoh gambar dalam lampiran D2.

- m) panjang tembok pangkal bendung di bagian udik (L_{pu}) bagian yang tegak dihitung dari sumbu mercu bendung :

$$0,50 L_s \leq L_{pu} \leq L_s$$

(15)

- n) panjang tembok sayap udik ditentukan :

- 1) bagi tebing sungai yang tidak jauh dari sisi tembok pangkal bendung, ujung tembok sayap udik dilengkungkan masuk ke tebing dengan panjang total tembok pangkal bendung ditambah sayap udik :

$$1,0 L_s \leq L_{su} \leq 1,5 L_s$$

(16)

- 2) bagi tebing sungai yang jauh dari sisi tembok pangkal bendung atau palung sungai di udik bendung yang relatif jauh lebih lebar dibandingkan dengan lebar pelimpah bendung maka tembok sayap udik perlu diperpanjang dengan tembok pengarah arus yang panjangnya diambil minimum

$$2 \times L_p$$

(17)

- o) kedalaman bantalan air pada tipe MDS ditentukan :

$$S = D_s + (1,00 \text{ m sampai dengan } 2,00 \text{ m})$$

(18)

keterangan:

Q_{df} adalah debit desain untuk bahaya banjir, (m^3/s)

Q_{dp} adalah debit desain untuk bahaya penggerusan, (m^3/s)

B_p adalah lebar pelimpah, meter

q_{df} adalah Q_{df} / B_p ($m^3/s/m'$)

q_{dp} adalah Q_{dp} / B_p ($m^3/s/m'$)

D_2 adalah tinggi muka air sungai di hilir bendung dengan dasar sungai terdegradasi, meter

r adalah radius mercu bendung diambil antara 1,00 meter sampai dengan 3,00 meter

H_{udf} adalah tinggi air di atas mercu bendung pada debit desain banjir, meter

H_{udp} adalah tinggi air di atas mercu bendung pada debit desain penggerusan, meter

H_{idp} adalah tinggi air di hilir bendung pada debit desain penggerusan, meter

H_{idf} adalah tinggi air di hilir bendung pada debit desain banjir, meter

Z_{df} adalah perbedaan elevasi muka air udik dan hilir pada debit desain banjir, meter

Z_{dp} adalah perbedaan elevasi muka air udik dan hilir pada debit desain penggerusan, m

D_{zu} adalah elevasi dekzerk tembok pangkal bendung bagian udik, meter

D_{zi} adalah elevasi dekzerk tembok pangkal bendung bagian hilir, meter

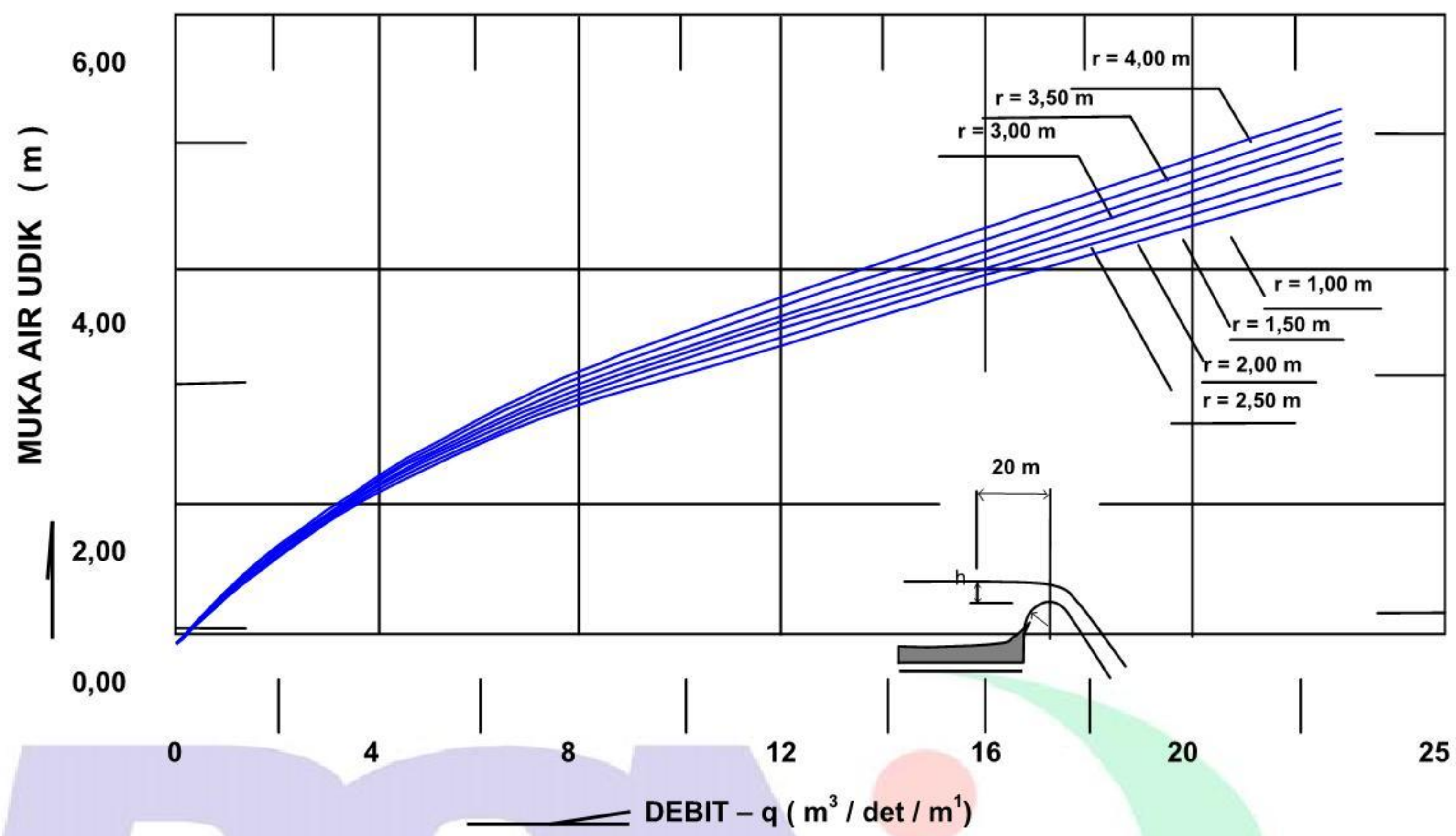
F_b	adalah tinggi jagaan diambil antara 1,00 meter sampai dengan 1,50 meter
E	adalah parameter tidak berdimensi:
L_s	adalah panjang lantai peredam energi,
L_b	adalah jarak sumbu mercu bendung sampai perpotongan bidang miring dengan lantai dasar bendung, meter
L_{pi}	adalah panjang tembok pangkal bendung dari sumbu mercu bendung ke hilir, m
L_{si}	adalah panjang tembok sayap hilir dari ujung hilir lantai peredam energi ke hilir, meter
S	adalah kedalaman bantalan air peredam energi tipe MDS, meter
L_{pu}	adalah panjang tembok pangkal udik bendung dari sumbu mercu bendung ke udik, meter
L_{su}	adalah panjang tembok sayap udik, meter
L_{pa}	adalah panjang tembok pengarah arus di udik tembok sayap udik, meter
g	adalah percepatan/ gravitasi m/dt^2

8.4 Perhitungan hidraulik

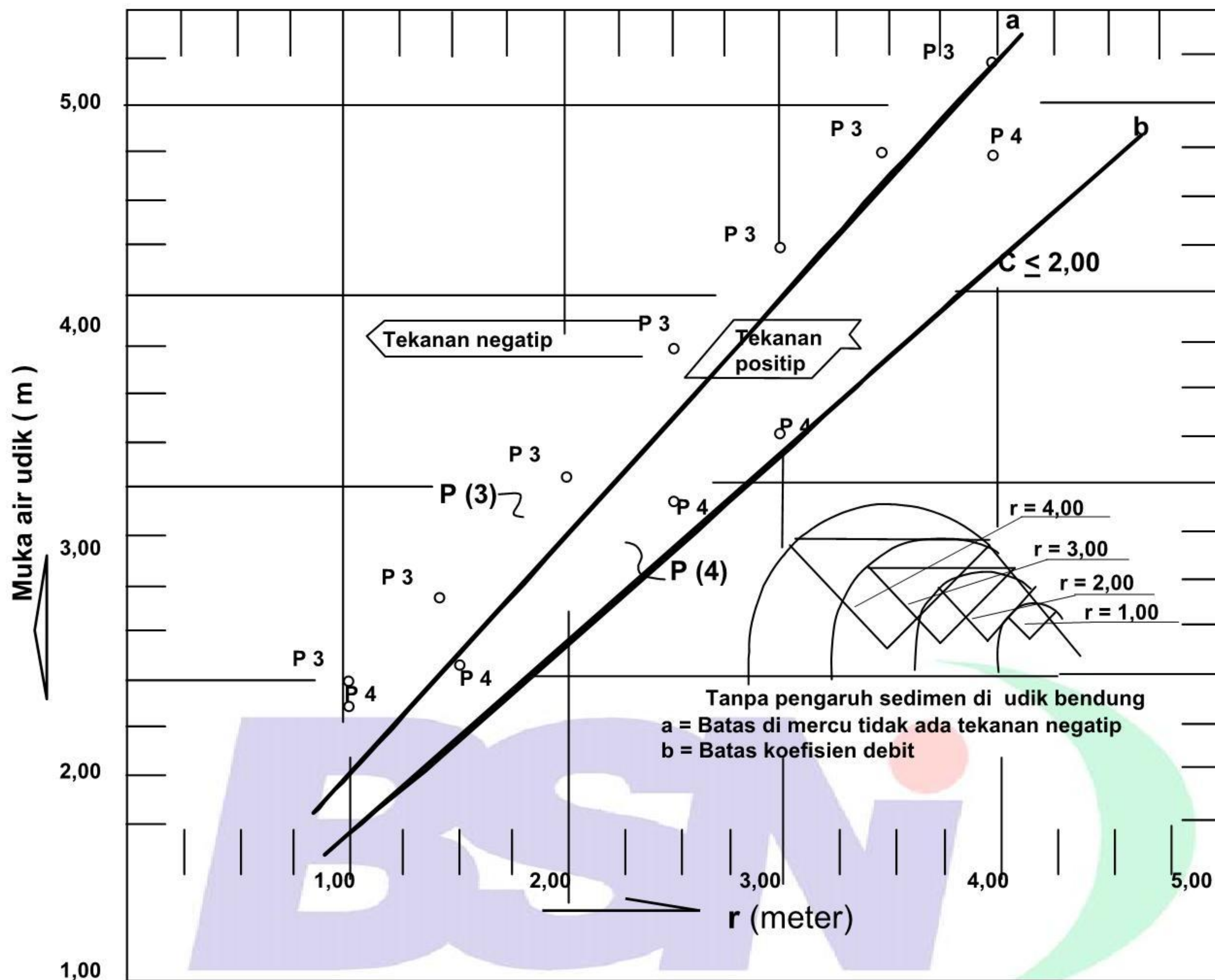
Lakukan perhitungan dan penentuan dimensi hidraulik tubuh bendung dan peredam energinya dengan langkah seperti berikut :

- hitung debit desain untuk bahaya banjir dan untuk bahaya penggerusan;
- hitung lebar pelimpah bendung efektif;
- hitung debit desain persatuan lebar pelimpah;
- tentukan nilai radius mercu bendung, r ;
- untuk nilai radius mercu bendung tersebut ;periksa kavitas di bidang hilir tubuh bendung dengan bantuan grafik MDO 1a, jika tekanan berada di daerah positif pemilihan radius mercu bendung; diizinkan ;
- jika tekanan berada di daerah negatif, tentukan nilai radius mercu bendung yang lebih besar dan ulangi pemeriksaan kavitas sehingga tekanan berada di daerah positif;
- hitung elevasi muka air udik bendung dengan bantuan grafik MDO-1;
- hitung tinggi terjun bendung, Z ;
- hitung parameter tidak berdimensi, E ;
- hitung kedalaman lantai peredam energi , D_s ;
- hitung nilai panjang lantai datar, L_s ;
- tentukan tinggi bantalan air, S , untuk peredam energi tipe MDS;
- tetapkan tinggi ambang hilir dan lebarnya, a dan b ;
- tentukan tata letak, elevasi puncak, panjang, kemiringan dan kedalaman tembok pangkal bendung;
- tentukan tata letak, elevasi puncak, panjang, kemiringan dan kedalaman tembok sayap hilir;
- tentukan tata letak, elevasi puncak, panjang, kemiringan dan kedalaman tembok sayap udik;
- tentukan tata letak, elevasi puncak, panjang, kemiringan dan kedalaman tembok pengarah arus;
- lengkapi kaki-kaki tembok sayap hilir dan di hilir ambang hilir peredam energi dengan rip rap.

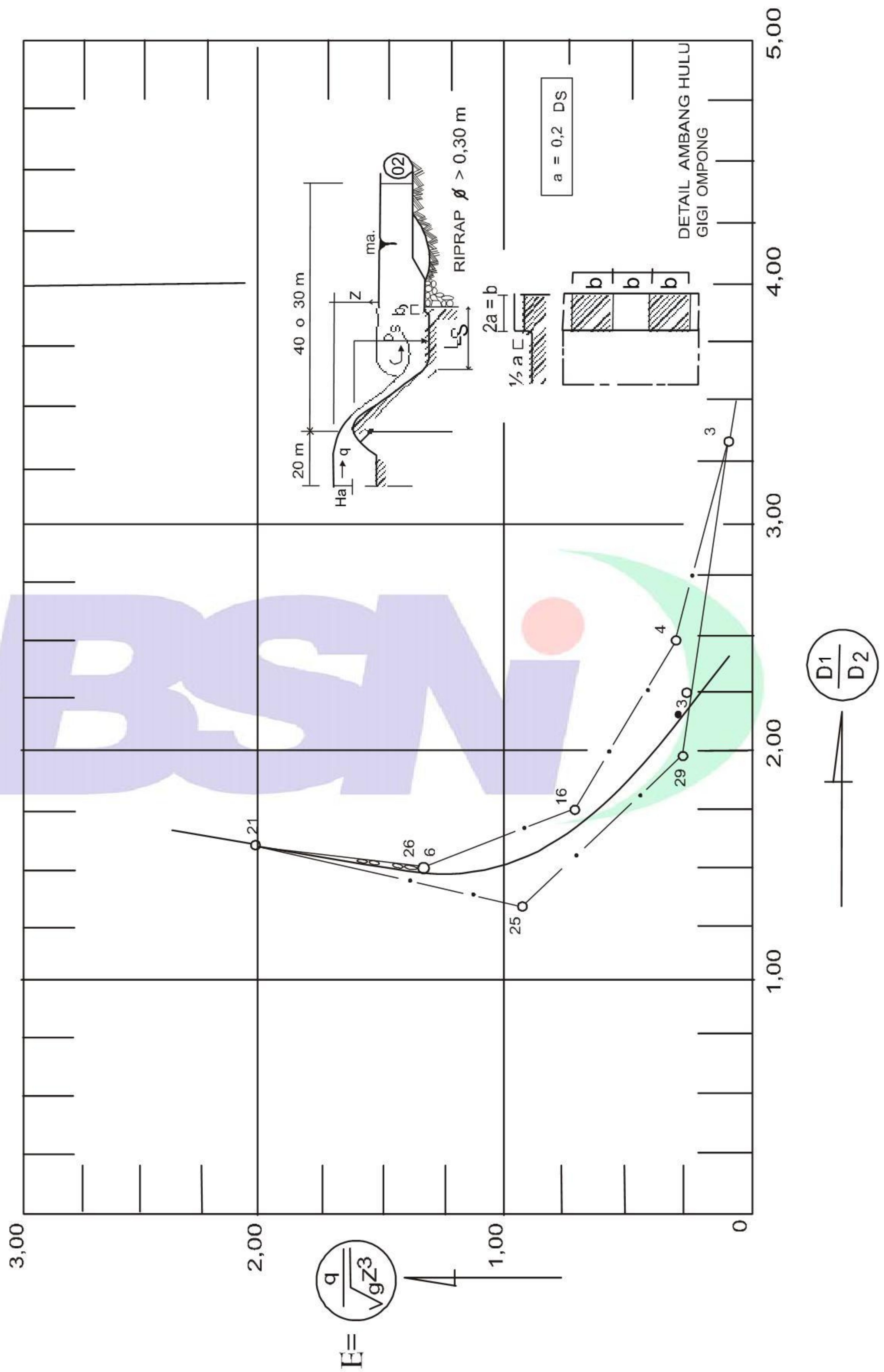
Lampiran A
(informatif)
Gambar



Gambar A.1 - Grafik MDO – 1 Pengaliran melalui mercu bendung



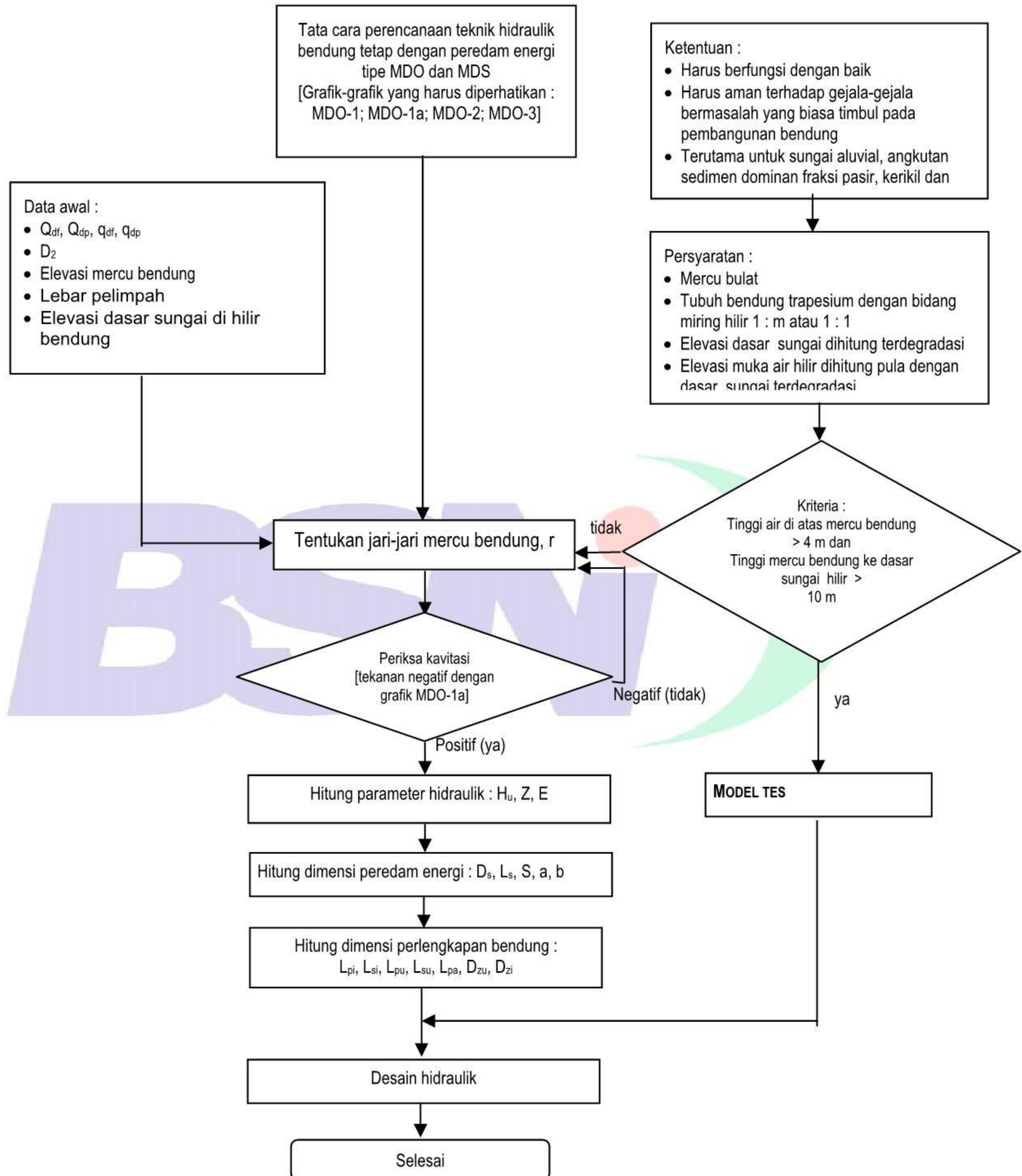
Gambar A.2 - Grafik MDO - 1a Penentuan bahaya kavitasi di hilir mercu bendung



Gambar A.3 - Grafik MDO- 2 Penentuan kedalaman lantai peredam energi



Lampiran B (normatif) Bagan alir



Gambar B.1 - Bagan alir desain hidraulik tubuh bendung tetap dengan peredam energi tipe MDO dan MDS

Lampiran C (Informatif)

Contoh perhitungan, desain tubuh bendung, tanpa bangunan pembilas

1 Data dan informasi yang diberikan (sebagai ketentuan) :

- a) Gambar situasi dan potongan melintang geometri badan sungai ,
- b) Lokasi dan alinyemen tubuh bendung telah ditentukan,
- c) Debit desain banjir ; $Q_{df} = 2700 \text{ m}^3/\text{s}$,
- d) Debit desain penggerusan / perubahan morfologi sungai ; $Q_{dp} = 1600 \text{ m}^3/\text{s}$,
- e) Lebar bersih pelimpah; $B_p = 120$ meter,
- f) Elevasi mercu pelimpah tubuh bendung = El + 10.00
- g) Dasar sungai terdalam di hilir lokasi bendung El + 5,00
- h) Dari perhitungan telah diperoleh ,lengkung debit sungai di hilir rencana bangunan dengan ketinggian muka air pada debit desain $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ yaitu + 9,00 dan untuk debit desain banjir $2700 \text{ m}^3/\text{s}$ yaitu + 10,50.
- i) Degradasi dasar sungai diperhitungkan 2,00 meter

2 Perhitungan

- 1) $q_{df} = Q_{df} / B_p = 2700 / 120 = 22,50 \text{ (m}^3/\text{s/m')}$
- 2) $q_{dp} = Q_{dp} / B_p = 1600 / 120 = 13,33 \text{ (m}^3/\text{s/m')}$
- 3) Radius mercu tubuh bendung diambil , $r = 2,00$ m dan dengan bantuan grafik MDO-(1a) diperiksa gejala kavitasi, diizinkan.
- 4) Dari grafik MDO - 1 dengan $q_{dp} = 13,33 \text{ (m}^3/\text{s/m')}$ diperoleh $H_{udp} = 3,2$ m
maka $El + H_{udp} = El + (10,00 + H_{udp}) = El + (10,00 + 3,20) \text{ m} = El + 13,20$
dan dengan $q_{df} = 22,5 \text{ (m}^3/\text{s/m')}$ diperoleh $H_{udf} = 4,40$ m,
maka $El + H_{udf} = El + (10,00 + H_{udf}) = El + (10,00 + 4,40) = El + 14,40$
- 5) Perhitungan tinggi terjun pada debit $q_{dp} = 13,48 \text{ m}^3/\text{s/m'}$ dengan dasar sungai di hilir terdegradasi :
 $Z_{dp} = (El + H_{udp}) - (El + H_{idp}) = (+13,20) - (+7,00) = 6,20$ meter
- 6) Perhitungan parameter tidak berdimensi dengan tinggi terjun yang telah diperoleh :
 $E_{dp} = q_{dp} / (g \times Z_{dp}^3)^{1/2}$
 $= 13,33 / (9,81 \times 6,20^3)^{1/2} = 0,276$
 $E_{dp} = 0,30$
- 7) Penentuan dimensi kedalaman lantai peredam energi , D_s
dengan $E_{dp} = 0,30$ dan nilai D_s/D_2 dan dengan grafik MDO- 1
 $D_s = (D_2)(D_s/ D_2)$
dan dengan $D_2 = 4,00$ m,
maka diperoleh $D_s = 2,2 \times 4,00 = 8,80$
diambil kedalaman lantai $D_s = 9,00$ meter

- 8) Penentuan panjang lantai datar, L_s
 dengan $E_{dp} = 0,30$ dan nilai L_s/D_s dan dengan grafik MDO- 3 = 2,1

$$L_s = (D_s)(L_s/D_s)$$

 dan dengan $D_s = 9,00 \text{ m}$
 maka $L_s = 2,1 \times 9,00 \text{ m} = 18,9 \text{ m}$
 diambil panjang lantai datar $L_s = 20,00 \text{ meter}$
- 9). Penentuan tinggi ambang dan lebar ambang hilir, a dan b
 dengan rumus $a = (0,2 - 0,3) D_2$
 dengan $D_2 = 6,00 \text{ meter}$
 diperoleh angka $a = 0,3 \times 6,00 = 1,80 \text{ m}$
 diambil lebar ambang, $a = 1,50 \text{ meter}$,
 tinggi ambang $b = 2a = 2 \times 1,50 \text{ m} = 3,00 \text{ meter}$
- 10) Penentuan elevasi dekzerk
- di udik mercu :
 $EI + H_{udf} = 14,40$ dan dengan $F_b = 1,00 \text{ m}$
 maka $EI + D_{zu} = EI + (14,40 + 1,00) = EI + 15,40 \text{ m}$
 - di hilir mercu :
 $EI + H_{idf} = 11,00$ dan dengan $F_b = 1,00 \text{ m}$
 maka $EI + D_{zi} = EI + (11,00 + 1,00) = EI + 12,00 \text{ m}$
- 11) ujung tembok pangkal bendung :

$$L_{pi} = L_b + \frac{1}{2} L_s; \quad L_b = 9 \text{ m}$$

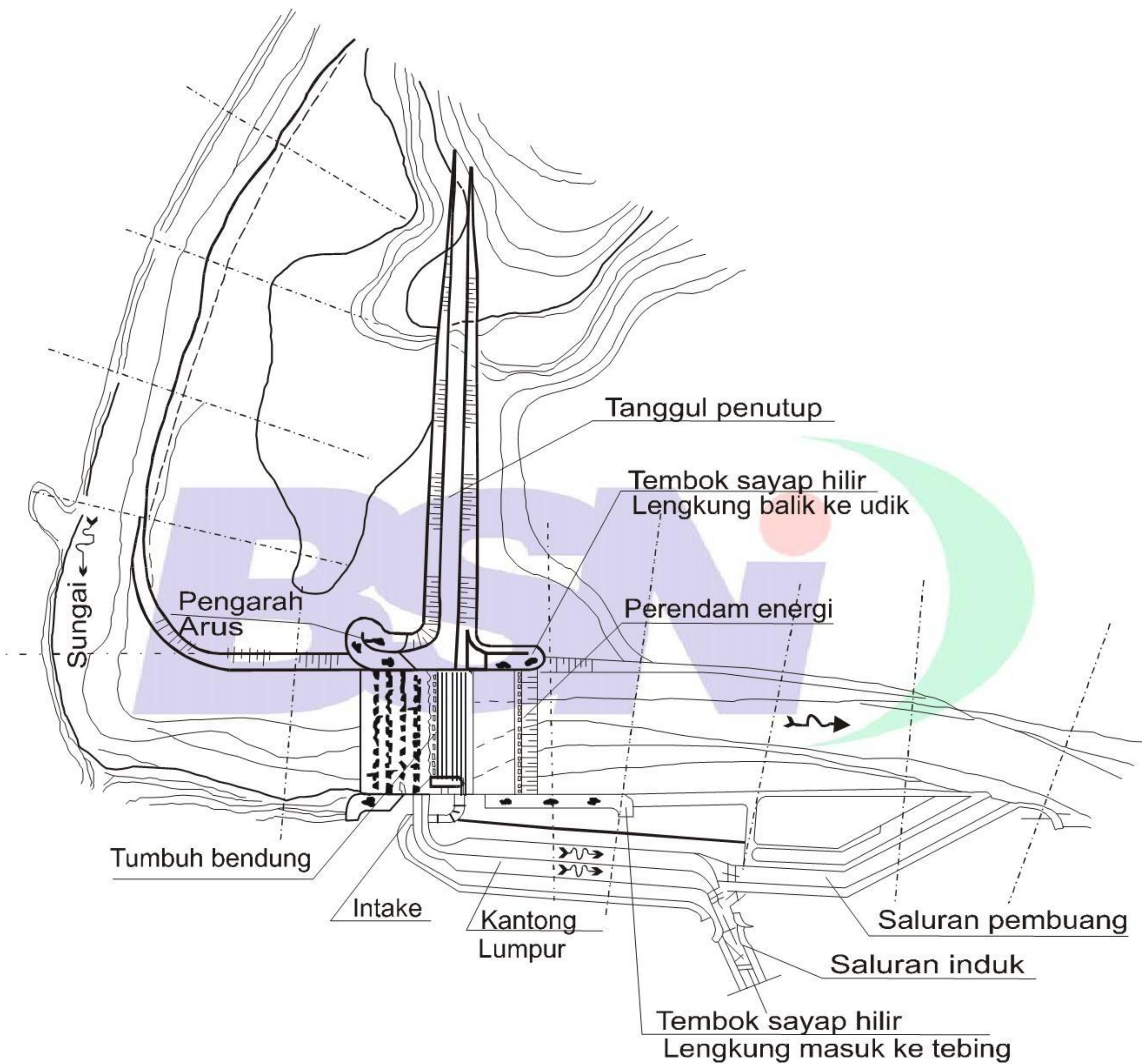
$$\frac{1}{2} L_s = 10 \text{ m}$$
- 12) panjang tembok sayap hilir :

$$L_{si} = 1,5 L_s = 1,5 \times 20 = 30 \text{ m}$$
- 13) panjang tembok pangkal udik :

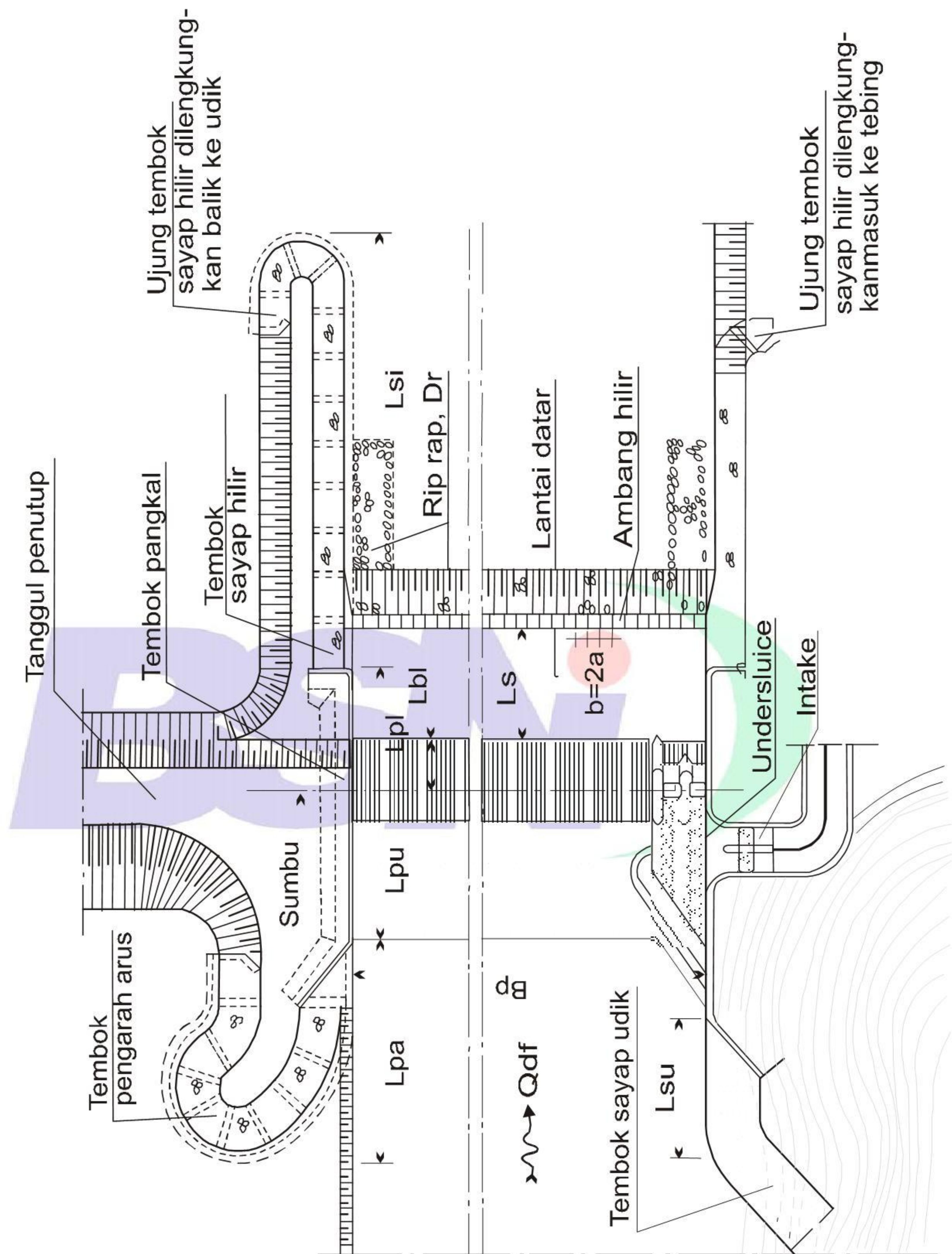
$$L_{pu} = 0,5 L_s = 0,5 \times 20 = 10 \text{ m}$$
- 14) panjang tembok sayap udik :

$$L_{su} = 0,5 L_s = 0,5 \times 20 = 10 \text{ m}$$

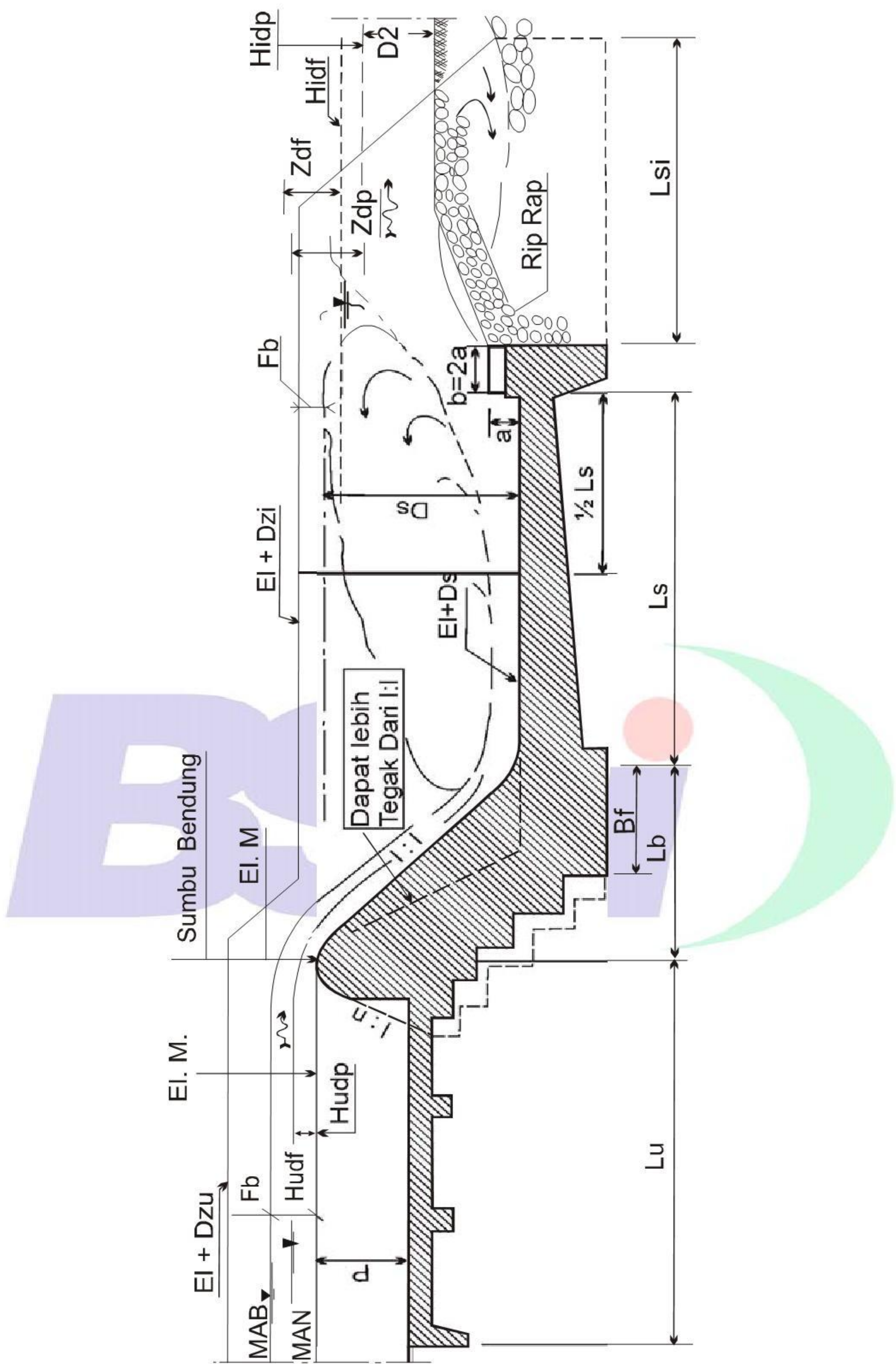
Lampiran D
(informatif)
Contoh Gambar



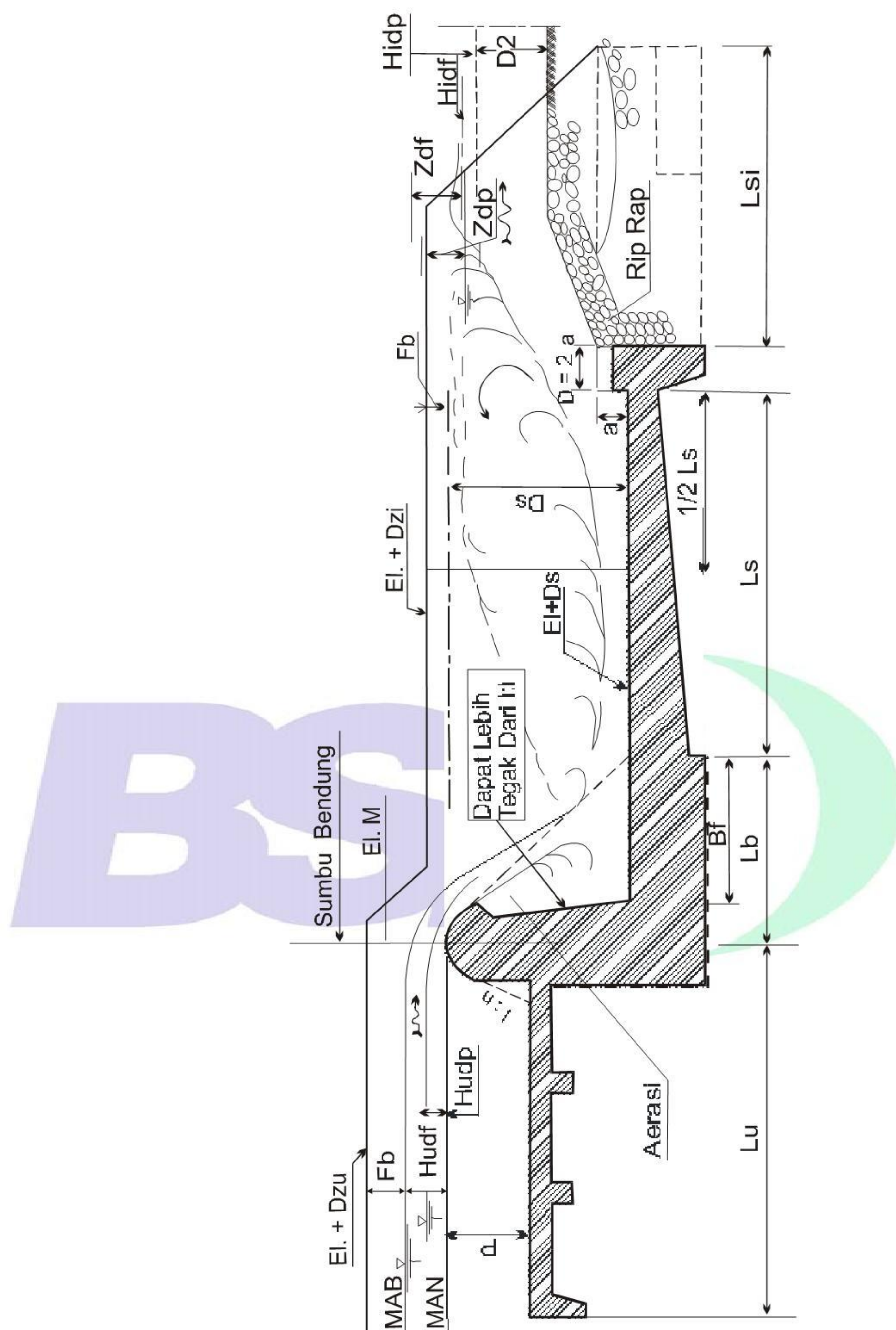
Gambar D.1 - Contoh gambar situasi bendung tetap, lokasi di sungai



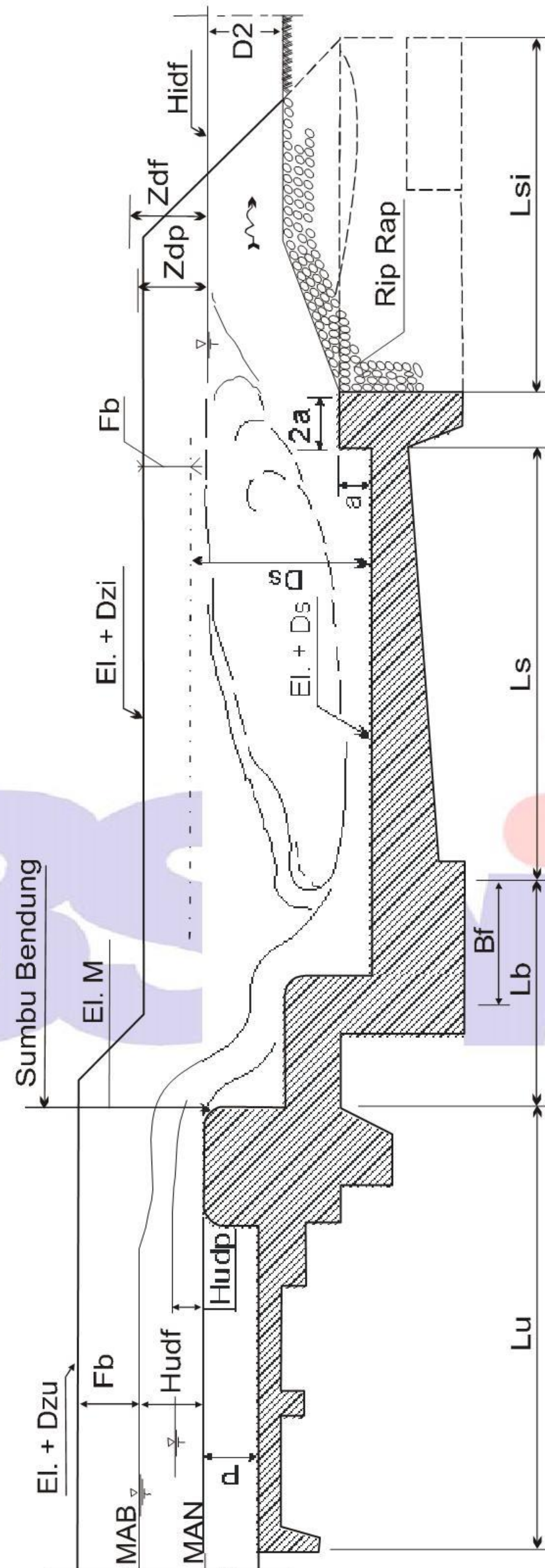
Gambar D.2 - Contoh gambar denah bendung tetap



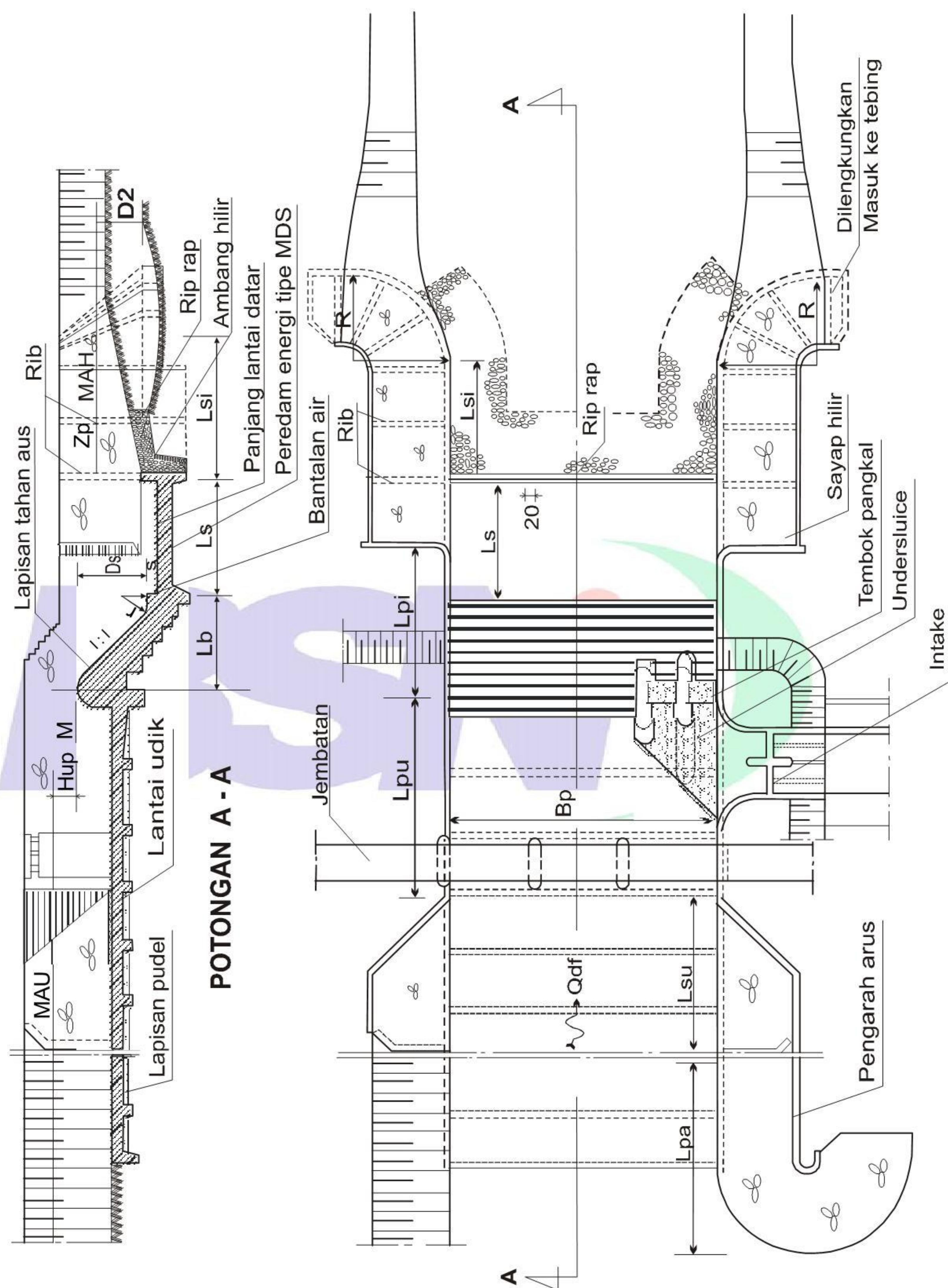
Gambar D.3 - Contoh gambar potongan memanjang bendung tetap



Gambar D.4 - Contoh gambar potongan memanjang bendung tetap dengan peredam energi tipe MDO



Gambar D.5 - Contoh gambar potongan memanjang bendung tetap peredam energi tipe MDO dengan bidang miring tubuh bendung lebih tegak



Gambar D.6 - Contoh gambar potongan memanjang bendung tetap, tipe MDS

Bibliografi

- DPMA. 1971 No. P222 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Cimerah, Jawa Barat
- DPMA. 1972 No. P421 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Surantih, Sumatera Barat
- DPMA. 1976 No. P382 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Batang Uleh, Jambi
- DPMA. 1976 No. P354 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Kalaena, Sulawesi Selatan
- DPMA. 1976 No. P421 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Pungkit
- DPMA. 1977 No. P 454 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Indrapura, Sumatera Barat
- DPMA. 1977 No. P 465 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Sumpur, Sumatera Barat
- DPMA. 1977 No. P459 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Batang Batahan, Sumatera Barat
- DPMA. 1978 No. P492 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Krueng Aceh, Aceh
- DPMA. 1980 No. P 531 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Begasing, Kalimantan Barat
- DPMA. 1980 No. P 594 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Dataran Anai, Sumatera Barat
- DPMA. 1980 No. P707 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Tulung Mas, Lampung
- DPMA. 1980 No. P721 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Marisa,
- DPMA. 1980 No. P 553 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Kali Sapi, Jawa Tengah.
- DPMA. 1982 No. P881. Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Krueng Pandrah, Aceh.
- DPMA. 1984 No. P.887 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Krueng Tiro, Aceh
- DPMA. 1983 No. P1003 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Singkoyo, Sulawesi Tengah
- DPMA. 1984 No. P1082 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Langkeme
- DPMA. 1986 No. P 1225 Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Krueng Aceh, Aceh.
- DPMA. 1993. Penyelidikan Hidrolis dengan Model Bendung Krueng Meuh, Aceh.